

→ English Translation



Dr. Daria Andreeva zeigt, wie feste Partikel in einer wässrigen Lösung einer Ultraschall-Behandlung ausgesetzt werden. Dabei kommt ein Ultraschallprozessor zum Einsatz, der mit einer Frequenz von 20 kHz und einer maximalen Leistung von 1000 W arbeitet.

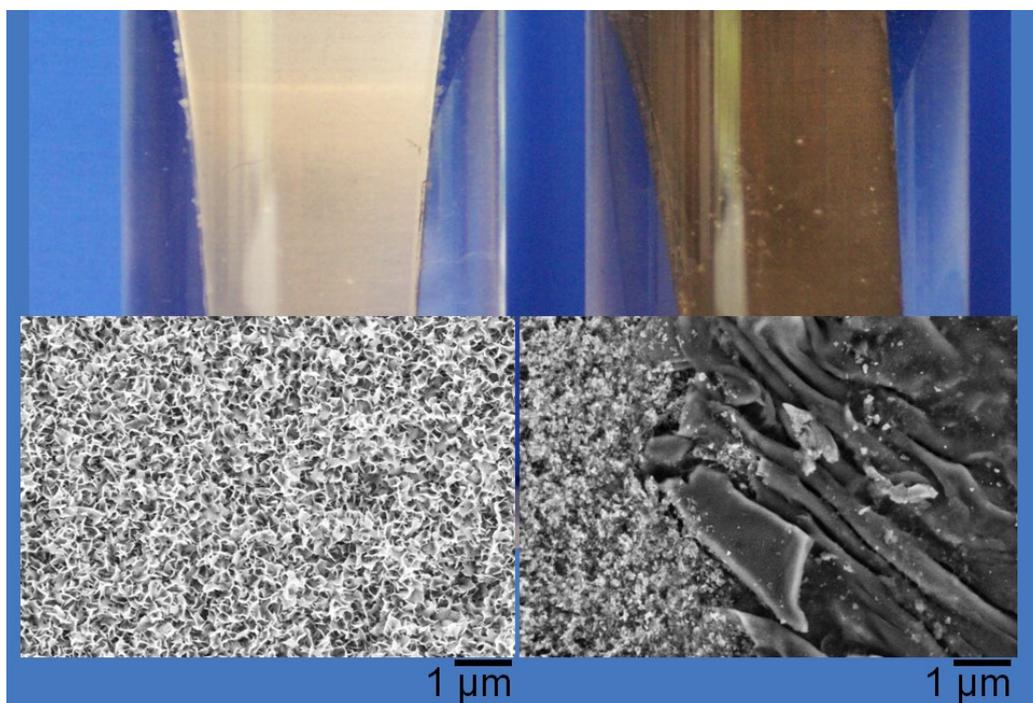
Hochpräzise Nanostrukturierung mit Ultraschall: Neues Verfahren zur Erzeugung poröser Metalle

Sie sind korrosionsbeständig, mechanisch äußerst stark und halten extrem hohen Temperaturen stand: Mit diesen Eigenschaften sind poröse Metalle für zahlreiche Technologiefelder von besonderem Interesse. Sie zeichnen sich durch feinste Oberflächenstrukturen mit Poren aus, die im Durchmesser nur wenige Nanometer groß sind. Einem internationalen Forschungsteam um Dr. Daria Andreeva an der Universität Bayreuth (Lehrstuhl Physikalische Chemie II) ist es jetzt gelungen, ein hochleistungsfähiges und kostengünstiges Ultraschall-Verfahren für das Design und die Herstellung derartiger metallischer Strukturen zu entwickeln. Metalle werden dabei in einer wässrigen Lösung mit Ultraschall so bearbeitet, dass Hohlräume von wenigen Nanometern entstehen – und zwar in präzise definierten Abständen.

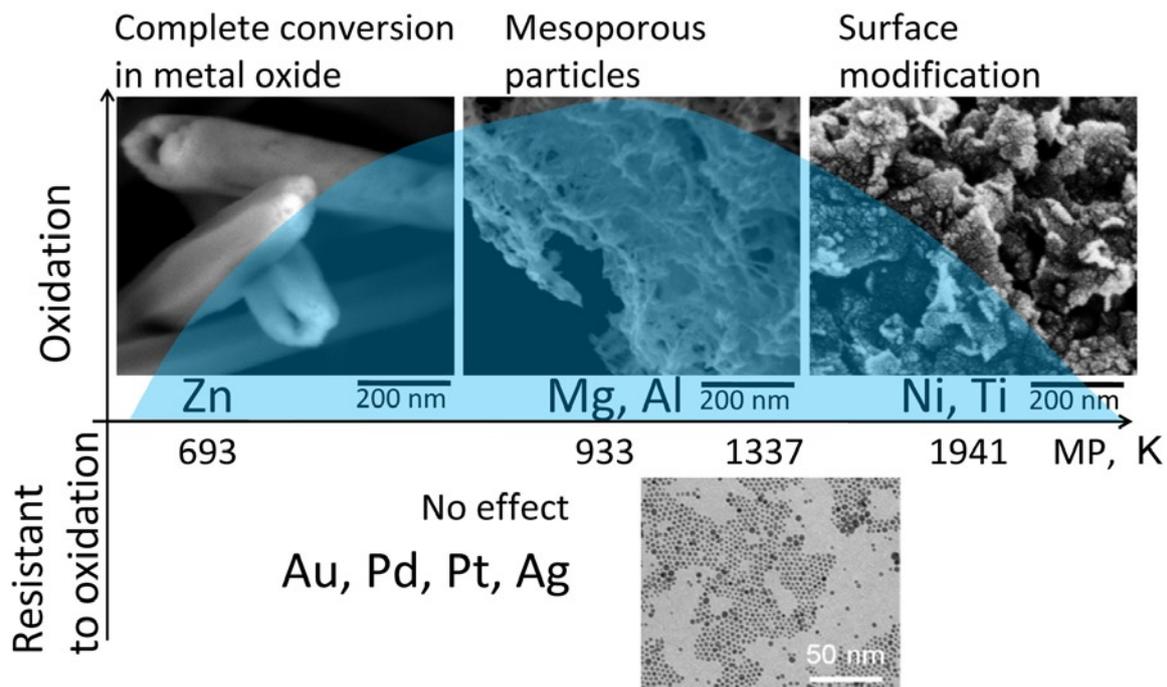
Für diese maßgeschneiderten Nanostrukturen gibt es schon heute ein breites Spektrum innovativer Anwendungen, beispielsweise in der Luftreinigung, der Energiespeicherung oder der Medizintechnik. Besonders vielversprechend ist der Einsatz poröser Metalle in Nanokompositen. Dabei handelt es sich um eine neue Klasse von Verbundwerkstoffen, in denen eine hochfeine Matrixstruktur mit Partikeln in einer Größenordnung von bis zu 20 Nanometern gefüllt wird.

Das in Bayreuth entwickelte Verfahren nutzt den Prozess der Blasenbildung, der in der Physik als Kavitation bezeichnet wird (abgeleitet von lat "cavus" = "hohl"). In der Seefahrt ist dieser Vorgang wegen der schweren Schäden, die an Schiffsschrauben und Schiffsturbinen entstehen können, gefürchtet. Denn bei sehr hohen Drehgeschwindigkeiten bilden sich unter Wasser Dampfblasen, die nach kurzer Zeit unter extrem hohen Drücken in sich zusammenfallen und die metallischen Oberflächen von Schrauben und Turbinen verformen. Der Prozess der Kavitation lässt sich aber auch mit Ultraschall künstlich erzeugen. Ultraschall besteht aus Druckwellen mit Frequenzen oberhalb des hörbaren Bereichs (20 kHz) und erzeugt in Wasser sowie in wässrigen Lösungen Vakuumbblasen. Wenn diese Blasen implodieren, entstehen Temperaturen von mehreren Tausend Grad Celsius und extrem hohe Drücke bis ca. 1000 bar.

Eine präzise Steuerung dieser Prozesse kann für eine gezielte Nanostrukturierung von Metallen eingesetzt werden, die sich in einer wässrigen Lösung befinden – vorausge-



Ultraschall kann auch für den Schutz von Aluminiumlegierungen gegen Korrosion eingesetzt werden. Links das Foto einer Aluminiumlegierung in einer äußerst korrosionsfördernden Lösung, darunter die elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche, auf der sich infolge einer Behandlung mit Ultraschall eine dünne polyelektrolytische Schicht gebildet hat. Diese Schicht bietet für 21 Tage einen Schutz gegen Korrosion. Rechts dagegen die Aufnahme der gleichen, aber nicht mit Ultraschall behandelten Aluminiumlegierung. Die Oberfläche ist komplett korrodiert.



Die schematische Darstellung zeigt, wie sich der durch Ultraschall erzeugte Prozess der Kavitation auf verschiedene Metallpartikel auswirkt. Metalle wie Zink (Zn), die einen geringen Schmelzpunkt (Melting Point = MP) haben, werden vollständig oxidiert. Metalle mit einem hohen Schmelzpunkt wie Nickel (Ni) und Titan (Ti) reagieren hingegen mit einer Modifikation ihrer Oberflächen. Aluminium (Al) und Magnesium (Mg) entwickeln eine mesoporöse Struktur. Edelmetalle widersetzen sich einer derartigen Behandlung mit Ultraschall, weil ihre Neigung zur Oxidation äußerst gering ist. Die Schmelzpunkte der Metalle werden in der Grafik jeweils in Grad Kelvin (K) angegeben.

setzt, die Metalle bringen bestimmte physikalische und chemische Eigenschaften mit. Denn wie Dr. Daria Andreeva zusammen mit ihren Kollegen in Golm, Berlin und Minsk gezeigt hat, reagieren Metalle sehr unterschiedlich, wenn sie einer derartigen Ultraschallbehandlung ausgesetzt werden. Bei Metallen mit einer hohen Reaktivität wie Zink, Aluminium und Magnesium bildet sich schrittweise eine Matrixstruktur heraus, die durch eine Oxidschicht stabilisiert wird. Das Ergebnis sind poröse Metalle, die beispielsweise in Verbundwerkstoffen weiterverarbeitet werden können. Anders verhält es sich jedoch bei Edelmetallen wie Gold, Platin, Silber und Palladium. Diese widersetzen sich aufgrund ihrer geringen Oxidationsneigung der Behandlung durch Ultraschall; ihre Strukturen und Eigenschaften bleiben unverändert.

Die Tatsache, dass verschiedene Metalle unterschiedlich sensibel auf eine Ultraschallbehandlung reagieren, lässt sich für materialwissenschaftliche Innovationen nutzen: So können Legierungen zu Nanokompositen verarbeitet werden, in denen Partikel des stabileren Materials von einer porösen Matrix des instabileren Metalls umgeben sind. Dabei entstehen auf engstem Raum sehr große Oberflächen, weshalb diese Nanokomposite als Katalysatoren zum Einsatz kommen können. Sie bewirken, dass chemische Reaktionen besonders schnell und effizient ablaufen.

Neben Dr. Daria Andreeva waren auch Prof. Dr. Andreas Fery, Dr. Nicolas Pazos-Perez und Jana Schäferhans am Lehrstuhl Physikalische Chemie II an den Forschungsergebnissen beteiligt. Mit ihren Kollegen am Max-Planck-Institut für Kolloide und Grenzflächen in Golm, am Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH und an der Weißrussischen Staatsuniversität in Minsk haben sie ihre neuesten Ergebnisse in der Zeitschrift "Nanoscale" online publiziert.

Veröffentlichung:

Ekaterina V. Skorb, Dmitri Fix, Dmitry G. Shchukin, Helmuth Möhwald, Dmitry V. Sviridov, Rami Mousa, Nelia Wanderka, Jana Schäferhans, Nicolas Pazos-Perez, Andreas Fery, and Daria V. Andreeva,
Sonochemical formation of metal sponges,
in: Nanoscale, Advance first,
DOI-Bookmark (Link): [10.1039/c0nr00635a](https://doi.org/10.1039/c0nr00635a)

Ansprechpartner für weitere Informationen:

Dr. Daria Andreeva
Lehrstuhl Physikalische Chemie II
Universität Bayreuth
95440 Bayreuth
Tel.: +49 (0) 921 / 55-2750
E-Mail: daria.andreeva@uni-bayreuth.de

Text und Redaktion:

Christian Wißler

Fotos:

S. 1 und 2: Christian Wißler, Forschungsmarketing;
zur Veröffentlichung frei

Grafik:

S. 3: Dr. Daria Andreeva, Lehrstuhl Physikalische Chemie II;
mit Autorenangabe zur Veröffentlichung frei

Download:

Fotos und Grafik in hoher Auflösung zum Download:
www.uni-bayreuth.de/blick-in-die-forschung/05-2011-Bilder/